

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 86110395.0

(51) Int. Cl. 4: **B25J 9/18, G05B 11/06**

(22) Anmeldetag: 28.07.86

(30) Priorität: 09.08.85 DE 3528685

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.02.87 Patentblatt 87/09

(64) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR IT LI

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft Berlin und München**
Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)

(72) Erfinder: **Paplemik, Wolfgang, Dr.**
Esklistunastrasse 9
D-8520 Erlangen(DE)
Erfinder: **Steff, Johann, Dipl.-Ing.**
Friedrich-Bauer-Strasse 16
D-8520 Erlangen(DE)

(54) **Einrichtung zum Kompensieren des Schwerkrafteinflusses auf ein elektromotorisch heb- und senkbares Element einer Werkzeugmaschine oder eines Roboters und Verfahren zum Betrieb einer derartigen Einrichtung.**

(57) Um bei hängenden Achsen einer Werkzeugmaschine oder aufeinander reitenden Achsen eines Roboters den Schwerkrafteinfluß zu eliminieren, wird bei geregelten Antrieben eine Steuergröße (M_G) in den Regelkreis (R,S) eingefügt, die dem Gewichtseinfluß entgegenwirkt. Damit kann eine hohe Dynamik der Gesamtanordnung erreicht werden.

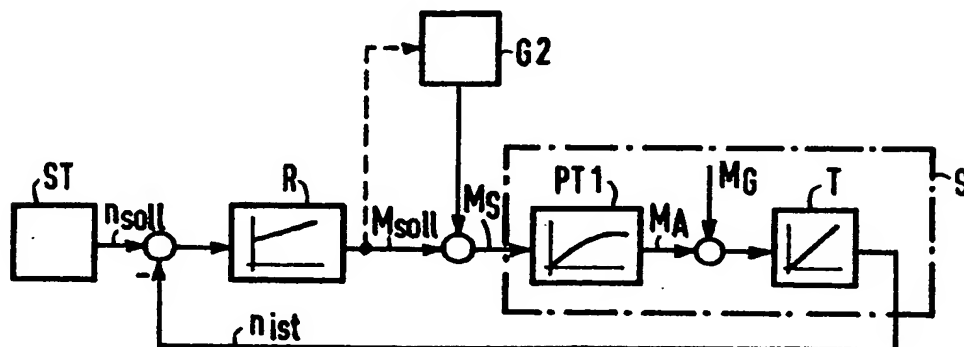


FIG 2

Einrichtung zum Kompensieren des Schwerkräfteinflusses auf in elektromotorisch heb- und senkbares Element einer Werkzeugmaschine oder eines Roboters und Verfahren zum Betrieb inner derartigen Einrichtung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zum Kompensieren des Schwerkräfteinflusses auf ein elektromotorisch heb- und senkbares Element einer Werkzeugmaschine oder eines Roboters, wobei die Führungsgröße für die Bewegung des zugeordneten Antriebs auf diesen über mindestens einen Regler so einwirkt, daß als Stellgröße ein dem jeweils einzustellenden Moment des Antriebs entsprechender Strom auslösbar ist.

Bei hängenden Achsen einer Werkzeugmaschine sowie bei den aufeinander reitenden Achsen eines Roboters tritt das Problem auf, daß aufgrund des Schwerkräfteinflusses die elektromotorisch heb- und senkbaren Elemente im ungeregelten Zustand in die Senkposition sich bewegen. Bei handelsüblichen Einrichtungen wird deshalb beispielsweise mit Federn oder hydraulischen Hilfskreisen ein Schwerkraftausgleich angestrebt. Dabei erweist es sich jedoch als ungünstig, daß derartige Mittel zum Schwerkraftausgleich aufgrund ihrer bewegten Masse und/oder ihrer Federeigenschaft das Regelverhalten der Gesamtanordnung hinsichtlich der erreichbaren Dynamik verschlechtern.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Einrichtung der eingangs genannten Art so auszubilden, daß mit geringem technischen Aufwand ein Schwerkraftausgleich erreicht wird, bei dem eine hohe Dynamik der Regelung möglich ist.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß der Stellgröße eine Steuergröße überlagerbar ist, die ein stützendes Gegenmoment zu dem durch die Schwerkraft auf das heb- und senkbare Element und damit auf den Antrieb ausgeübten Moment bildet.

Die Erfindung bezieht sich ferner auf ein Verfahren zum Betrieb einer derartigen Einrichtung. Dabei soll eine einfache Ermittlung der zu überlagernden Steuergröße ermöglicht werden.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß zunächst ohne Steuergröße mit einem unkritisch eingestellten Regler bei vorgebbaren Lagen jeweils ein statischer Zustand eingeregelt wird, daß die dabei resultierende Stellgröße registriert wird, daß für jede dieser Lagen die jeweils registrierte Stellgröße als Steuergröße aufgeschaltet wird und daß daraufhin der Regler in seiner Einstellung optimiert wird.

Die Optimierung kann beispielsweise gemäß der DE-Anmeldung P 34 27 127 erfolgen.

Bei wegabhängigem Schwerkräfteinfluß, wie er insbesondere beim Roboterbetrieb vorliegt, ist eine vorteilhafte Ausbildung des Verfahrens dadurch gekennzeichnet, daß nach der Optimierung des Re-

glers die Aufschaltung der Steuergröße zurückgenommen wird. Die zwischenzeitliche Aufschaltung der Steuergröße erleichtert dabei die Optimierung des Reglers.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine übliche Möglichkeit der Schwerkraftkompensation und

Fig. 2 ein Blockschaltbild der Erfindung.

In der Darstellung gemäß Fig. 1 ist der vertikal gelagerte Tisch TI einer der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellten Werkzeugmaschine, z.B. einer Hochgeschwindigkeitsfräse, gezeigt, der von einer Spindel SP bewegt wird, die mit einem Motor M gekuppelt ist.

Die Steuerung des Motors M erfolgt anhand von Stellbefehlen einer Werkzeugmaschinensteuerung ST. Diese ist über ein Meßsystem MS über die jeweilige Lage des Tisches TI informiert und ermittelt numerisch eine Soll Drehzahl n_{soll} für den Motor M. Die Soll Drehzahl n_{soll} ist dabei Führungsgröße für einen Regler R, der im Ausführungsbeispiel als PI-Regler ausgebildet ist. Der Motor M ist mit einem Tachogenerator T verbunden, der die jeweilige Ist Drehzahl n_{ist} auf den Regler R rückführt, so daß aus der Regelabweichung zwischen Soll Drehzahl n_{soll} und Ist Drehzahl n_{ist} der Regler R das jeweilige Sollmoment M_{soll} als Stellgröße in Form eines Stroms für den Motor M bildet. Die gesamte Anordnung von Tisch TI, Meßsystem MS, Spindel SP, Motor M und Tachogenerator T ist in der Darstellung gestrichelt zur Strecke S zusammengefaßt dargestellt.

Der Tisch TI hat aufgrund seines Eigengewichtes die Tendenz sich abzusenken. Dies führt dazu, daß über die nicht hemmende Spindel SP auf dem Motor M ein Moment ausgeübt wird, das in der Darstellung gemäß Fig. 2 als Gewichtsmoment M_G bezeichnet wird. Bei der in Fig. 1 dargestellten Einrichtung wird dieses Gewichtsmoment M_G dadurch eliminiert, daß der Tisch TI mit einem Kolben K verbunden ist, der in einem Zylinder Z geführt ist, wobei der Kolben K mit Hilfe eines von einer Pumpe P erzeugten und über ein Ventil V einstellbaren Öldruckes eine definierte Gegenkraft ausübt. Die Pumpe P wird dabei mit Öl einer Ölwanne OE gespeist.

Die Darstellung gemäß Fig.2 zeigt ein Blockschaltbild der Erfindung, wobei von einer Einrichtung gemäß Fig.1 ausgegangen wird, bei der allerdings auf den hydraulischen Gewichtsausgleich verzichtet ist. Gleiche Elemente weisen in Fig.2 gleiche Bezugszeichen wie in Fig.1 auf.

In der Darstellung gemäß Fig.2 ist für die Strecke S deren Ersatzschaltbild gezeigt, bei dem die elektrischen Eigenschaften durch ein PT1-Glied und die mechanischen Eigenschaften durch ein I-Glied angegeben sind.

Zunächst sei noch einmal auf die Funktion der Einrichtung gemäß Fig.1 verwiesen. Dabei wird der Strecke S und damit dem PT1-Glied eingangsseitig das Sollmoment M_{soll} in Form eines Stromes zugeführt, der der Motor M erzeugt hieraus ein Antriebsmoment M_A , dieses wird vom Gewichtsmoment M_G überlagert und das resultierende Moment führt zu einer Ist Drehzahl n_{Ist} . Dabei wird jedoch das Gewichtsmoment M_G weitgehend eliminiert.

Hier unterscheidet sich die Erfindung vom Stand der Technik dadurch, daß auf eine derartige Kompensation des Gewichtsmomentes M_G völlig verzichtet wird. Demzufolge wird die Überlagerung von Antriebsmoment M_A und Gewichtsmoment M_G auf das I-Glied ein. Die erfindungsgemäße Kompensation der Schwerkrafteinflusses erfolgt nun dadurch, daß das Sollmoment M_{soll} des der Strecke vorgeschalteten Reglers R um eine Steuergröße M_S so korrigiert wird, daß durch diese ein stützendes Gegenmoment zu dem durch die Schwerkraft auf das heb- und senkbare Element und damit auf den Antrieb, d.h. den Motor M, ausgeübten Momentes gebildet wird. Der Betrag und die Richtung dieser Steuergröße kann berechnet oder gemessen werden und von einem demzufolge einzustellenden Geber G2 wird dann ein entsprechendes Steuersignal ausgegeben.

Häufig ist es jedoch der Fall, daß diese Steuergröße schwer bestimmbar ist, insbesondere wenn diese Steuergröße wegbabhängig veränderlich ist. Letzteres ist insbesondere bei aufeinander reitenden Achsen von Robotern der Fall. Daher wird zur SteuergröÙebestimmung aus einer vorgegebenen Lage heraus, insbesondere bei der Erstinbetriebnahme, gemäß der Erfindung folgendes Verfahren angewendet.

Zunächst wird bei nicht geschlossenem Regelkreis durch Lösen von der Übersichtlichkeit halber in der Darstellung gemäß Fig.1 nicht gezeigten mechanischen Bremsen der Regelsinn der Anordnung ermittelt, indem beispielsweise durch kurzzeitiges Anregen der Strecke S mit Nennmoment das Vorzeichen der Streckenantwort in Form von Drehzahlstwerten ermittelt wird.

Daraufhin wird der Regelkreis mit robusten Regelparametern geschlossen. Damit wird über den gesamten Variationsbereich der Streckenparameter eine stabile, wenn auch nicht besonders dynamische Regelung ermöglicht.

Wenn für die jeweilige Lage ein statischer Zustand sich eingestellt hat, wird, wie durch eine gestrichelte Wirklinie zwischen Regler R und Geber G2 angedeutet, die jeweilige Stellgröße M_{soll} des Reglers R vom Geber G2 registriert. Im folgenden wird diese Stellgröße M_{soll} als Steuergröße M_S auf die Strecke S aufgeschaltet. Daraufhin kann der Regler R in seiner Einstellung so optimiert werden, wie dies beispielhaft in der eingangs genannten DE-Anmeldung beschrieben ist.

Wenn bei Robotern während des auf die Inbetriebnahmephase folgenden eigentlichen Betriebs der störende Schwerkrafteinfluß starken wegbabhängigen Schwankungen unterliegt, kann nach der Optimierung des Reglers R die Aufschaltung der Steuergröße M_S wieder rückgängig gemacht werden. Die Kompensation erfolgt daraufhin automatisch durch den Regler R. Die zwischenzeitliche Aufschaltung der Steuergröße M_S hat dann den Vorteil erbracht, daß während der Inbetriebnahmephase durch die Steuergröße M_S der Störeinfluß des Gewichtsmomentes M_G kompensiert worden ist, so daß die Streckenparameter für die Optimierung eindeutig identifiziert werden konnten, so daß die Einstellung des Reglers R erleichtert wurde und nicht die Gefahr eines Insichzusammenfallens des Roboters bestand.

Das erfindungsgemäÙe Verfahren kann nicht nur bei üblichen Regelstrukturen, sondern auch bei Einrichtungen wie Zustandsregler mit Lastmomentbeobachter verwendet werden. Die Regelstrukturen können durchaus kaskadiert aufgebaut sein, wobei einzelne Regelschleifen für Weg, Drehzahl und Strom vorgesehen sein können.

Ansprüche

1. Einrichtung zum Kompensieren des Schwerkrafteinflusses auf ein elektromotorisch heb- und senkbares Element einer Werkzeugmaschine oder eines Roboters, wobei die Führungsgröße für die Bewegung des zugeordneten Antriebs auf diesen über mindestens einen Regler so einwirkt, daß als Stellgröße ein dem jeweils einzustellenden Moment des Antriebs entsprechender Strom auslösbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Stellgröße - (M_{soll}) eine Steuergröße (M_S) überlagerbar ist, die ein stützendes Gegenmoment zu dem durch die Schwerkraft auf das heb- und senkbare Element - (T) und damit auf den Antrieb (M) ausgeübten Moment bildet.

2. Verfahren zum Betrieb einer Einrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zunächst ohne Steuergröße mit einem unkritisch eingestellten Regler (R) bei vorgebbaren Lagen jeweils ein statischer Zustand eingeregelt wird, daß die dabei jeweils resultierende Stellgröße registriert wird, daß für jede dieser Lagen die jeweils regi-

strierte Stellgröße als Steuergröße (M_s) aufgeschaltet wird und daß daraufhin der Regler (R) in seiner Einstellung optimiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß nach der Optimierung des Reglers (R) die Aufschaltung der Steuergröße (M_s) zurückgenommen wird.

10

15

20

25

30

35

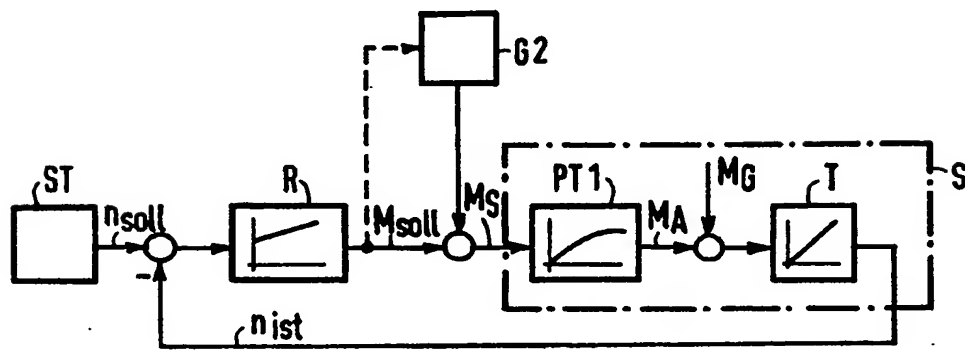
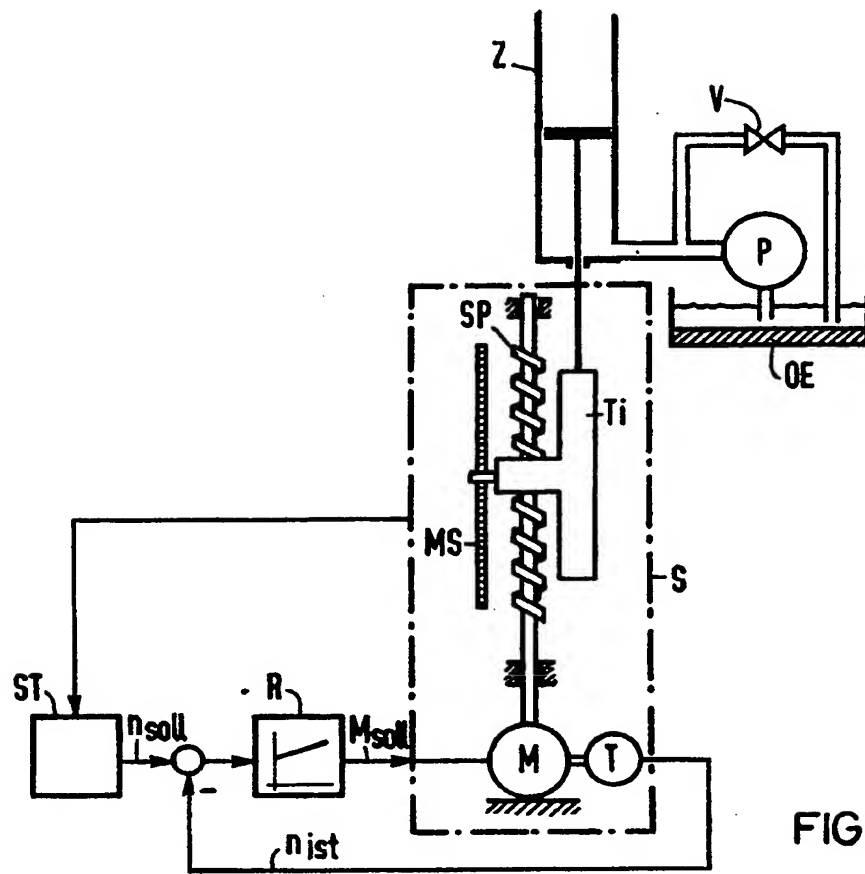
40

45

50

55

4





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 86 11 0395

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
X	US-A-3 614 996 (SAITO et al.) * Spalte 1, Zeile 60 - Spalte 2, Zeile 42; Figur 2; Spalte 7, Zeile 30 - Spalte 8, Zeile 20 *	1	B 25 J 9/18 G 05 B 11/06
X	--- US-A-4 452 341 (TANAHASHI) * Zusammenfassung; Figur 3; Anspruch 1 * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
			G 05 B B 25 J B 66 B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenamt DEN HAAG		Abschlußdatum des Recherche 27-10-1986	Prüfer KOLBE W.H.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			